



Un inventaire des aérophotographies du massif du Mont Blanc

Melaine Le Roy, Philip Deline

► To cite this version:

Melaine Le Roy, Philip Deline. Un inventaire des aérophotographies du massif du Mont Blanc. Neige et glace de montagne: Reconstitution, dynamique, pratiques, 8, Collection EDYTEM - Cahiers de Géographie, n°8, pp.101-110, 2009. halsde-00375607

HAL Id: halsde-00375607

<https://hal.science/halsde-00375607>

Submitted on 31 Mar 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Collection
EDYTEM

Numéro 8 - Année 2009

Cahiers de
Géographie

NEIGE et GLACE de MONTAGNE

Reconstitution, dynamique, pratiques



UN INVENTAIRE DES AÉROPHOTOGRAPHIES DU MASSIF DU MONT BLANC

AN AERIAL PHOTOGRAPHY INVENTORY FOR THE MONT BLANC MASSIF

MELAINE LE ROY, PHILIP DELINE

Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie/CNRS, Campus scientifique, F 73376 Le Bourget-du-Lac cedex.

Contact : melaine.le-roy@univ-savoie.fr

RÉSUMÉ

Le massif du Mont Blanc, espace frontalier entre trois pays alpins, constitue un laboratoire scientifique de premier ordre pour étudier plusieurs des problématiques de recherche du laboratoire EDYTEM, notamment en ce qui concerne les domaines glaciaires et périglaciaires. Dans ce contexte, un inventaire des aérophotographies couvrant le massif et disséminées au sein de plusieurs organismes a été effectué. Près de 5000 photogrammes pris au cours de 92 missions ont ainsi été identifiés, assurant une couverture homogène et à haute résolution temporelle du massif depuis la fin des années 1930. Cet inventaire a donné lieu à une première réflexion sur la constitution d'une base de données de ces documents pour faciliter les recherches documentaires futures.

MOTS-CLÉS : PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES, MASSIF DU MONT BLANC, BASE DE DONNÉES, TÉLÉDÉTECTION.

ABSTRACT

The Mont Blanc massif, frontier between three alpine countries, is a first order scientific laboratory for most of the EDYTEM research fields, especially the study of glacial and periglacial domains. In this context an inventory of the aerial photographs covering the massif and disseminated within several institutions was carried out. Nearly 5000 photographs taken during 92 aerial missions were identified, that ensure a homogeneous and high temporal resolution cover of the massif since the end of the 1930's. This inventory led to a first reflexion on the constitution of a database to facilitate future research.

KEYWORDS: AERIAL PHOTOGRAPHY, MONT BLANC MASSIF, DATABASE, REMOTE SENSING.

INTRODUCTION

La télédétection se définit au sens large comme l'acquisition, le traitement et l'interprétation d'informations sur un objet ou un processus par un instrument de mesure distant (Chorowicz et Deroin, 2003). Cet instrument est le plus souvent un capteur (photographique, laser ou radar) aéroporté (à bord d'un hélicoptère, d'un avion ou d'un satellite). Les données récoltées sont de nature différente pour répondre à un grand nombre d'applications : cartographie thématique (photographie aérienne et imagerie satellitaire dans le visible, l'infrarouge ou en multispectral), topographie de surface et champs de vitesse (radar), génération de modèles numériques d'élévation à haute résolution spatiale (LiDAR). La télédétection est devenue un mode privilégié d'étude des processus naturels depuis une cinquantaine d'années, notamment en montagne, d'accès difficile. Des disciplines telles que la glaciologie, la géomorphologie glaciaire et périglaciaire, la nivologie ou l'hydrologie en ont bénéficié car elle a grandement facilité l'acquisition de données.

Dans le domaine glaciaire, les photographies aériennes ont été utilisées historiquement pour la photo-interprétation et la planimétrie, notamment dans le cadre des premiers inventaires de glaciers (Vivian, 1975 ; Patzelt, 1980). Elles servent aussi de base à des études diachroniques de l'évolution des surfaces englacées (Jobard, 2005 ; Deroin et Condom, 2007 ; Rabatel, 2009). La restitution photogrammétrique des prises de vue aériennes permet la réalisation de Modèles Numériques de Terrain (MNT), notamment à des dates différentes. La comparaison de ces MNT autorise alors le calcul de variations de

volume, pour caractériser par exemple les changements morphologiques induits par la déglaciation (Schiefer et Gilbert, 2007) ou calculer des bilans sédimentaires (Veyrat-Charvillon, 2005) ou des bilans de masse glaciaires (Vincent et Reynaud, 1991 ; Andreassen *et al.*, 2002 ; Thibert *et al.*, 2005). Cette méthode, dite volumétrique pour les glaciers, par opposition à la méthode directe (glaciologique), demeure coûteuse car elle nécessite une logistique importante (mise en place de points d'amer, vols spéciaux). Dans les Alpes françaises, quelques glaciers ont fait l'objet de vols spéciaux, commandités par le CEMAGREF (Centre d'Etude du Machinisme Agricole et du Génie Rural des Eaux et Forêts) entre 1975 et 1991 (Burnet et Murat, 1985 ; Thibert, 2007). Le LGGE (Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement) applique également cette méthode sur les glaciers de son réseau d'observation avec une périodicité quinquennale pour valider les bilans de masse annuels obtenus par mesures *in situ* et extrapolées à l'ensemble du glacier (Vincent *et al.*, 2000). La photogrammétrie aérienne permet également d'étudier les déplacements d'objets géographiques tels que les glaciers ou glaciers rocheux avec une bonne précision (Kääb, 2002 ; Kaufmann et Ladstädter, 2002).

Les données issues de la télédétection spatiale ont pris aujourd'hui le pas sur les aérophotographies dans le domaine des sciences de l'environnement, notamment pour l'étude de la cryosphère et de son évolution (Bamber et Rivera, 2007 ; Berthier, 2008), dans les Alpes (Berthier *et al.*, 2004 ; Paul *et al.*, 2007 ; Trouvé *et al.*, 2007 ; Rabatel *et al.*, 2008) et sur l'ensemble de la

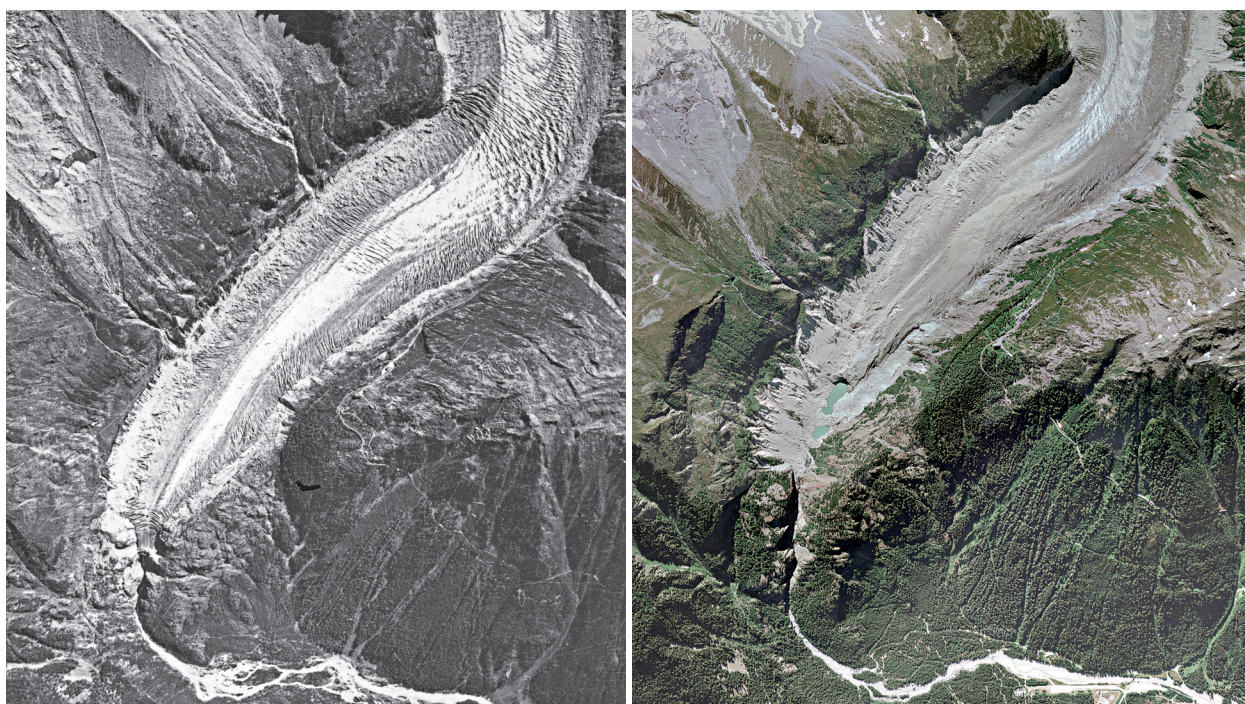


Figure 1 - Vues aériennes de la Mer de Glace (Massif du Mont Blanc), à gauche en 1949 (mission IGN F3630-3631), à droite en 2004 (Orthophoto 74) ; © IGN - Photothèque Nationale.

planète, avec le programme GLIMS notamment (*Global Land Ice Measurement from Space*) (Raup *et al.*, 2007). En effet, les plateformes disponibles sont de plus en plus nombreuses, la résolution spatiale, spectrale et temporelle des acquisitions s'améliore très rapidement parallèlement à la baisse de leur coût (Racoviteanu *et al.*, 2008). Les scènes satellitaires apportent de plus une vision synoptique que ne permet pas la couverture restreinte des photographies aériennes. Le projet GLIMS se base ainsi principalement sur des données optiques ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) qui remplissent les conditions nécessaires au suivi de différents paramètres glaciologiques (Racoviteanu *et al.*, 2008) et dont les couples stéréo permettent la génération de MNT (comme SPOT 5 HRS, mais le coût des données de ce dernier est très élevé). D'autres capteurs sont aussi utilisés pour l'étude de la cryosphère, comme LANDSAT TM/ETM, ou les capteurs des satellites Corona (satellite espion US des années 1960-70) et, plus récemment, QuickBird et Ikonos qui possèdent des résolutions spatiales pouvant s'approcher de celle des photographies aériennes (métrique voire infra-métrique). Les MNT issus des données radar acquises dans le cadre de la SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) en 2000 constituent une autre source largement utilisée pour le calcul des bilans glaciaires (Rignot *et al.*, 2003 ; Berthier *et al.*, 2007). L'interférométrie radar (InSAR) est également de plus en plus mise en oeuvre pour des applications dans le domaine périglaciaire comme la quantification du déplacement des glaciers rocheux (Lambiel *et al.*,

2008), ou dans le domaine glaciaire, pour la détermination de vitesses d'écoulement par exemple (Trouvé *et al.*, 2007).

Cette nouvelle donne permet donc d'étendre le suivi des glaciers à l'échelle mondiale. Néanmoins, les aérophotographies gardent un intérêt pour les études diachroniques car elles permettent de remonter plus loin dans le temps, les premiers survols réguliers ayant débuté dans les années 1930 et 1940 (*cf* www.ign.fr). C'est notamment pour cette raison qu'une démarche d'inventaire similaire a été proposée pour les glaciers italiens (Giardino *et al.*, 2001).

Le présent inventaire des aérophotographies du massif du Mont Blanc a eu pour objet l'identification de la ressource disponible, fondant un début de réflexion sur la constitution d'une base de données pour en faciliter la consultation. Etant donné le caractère transfrontalier du massif, les données sont dispersées sur différents sites en France, en Italie et en Suisse. Ce travail a été mené dans le cadre du programme de recherche *PERMAdataROC*, qui visait à évaluer l'influence potentielle de la dégradation du permafrost sur l'occurrence des écroulements rocheux en haute montagne alpine. L'inventaire a ainsi été utilisé pour identifier des dépôts d'écroulements par photo-interprétation (thèse en cours de L. Ravanel), mais aussi pour l'étude diachronique de la couverture détritique du glacier d'Estelette (Val Vény) (Mazué *et al.*, 2009). Le fait que le massif du Mont Blanc ait été retenu pour cet inventaire résulte en particulier du choix de ce secteur comme site-atelier de l'axe transversal SNG (Systèmes Nivo Glaciaires) du laboratoire EDYTEM.

I - LES MISSIONS AÉRIENNES

Les commanditaires des missions aériennes sont principalement les instituts géographiques nationaux dans les trois pays considérés : Institut Géographique National (IGN) en France, Istituto Geografico Militare (IGM) en Italie, et SwissTopo en Suisse.

Il existe cependant des disparités selon les pays, avec par exemple le rôle important de l'échelon régional en Italie. Les missions commanditées par la région Vallée d'Aoste (RAVA) sont ainsi plus nombreuses et de meilleure qualité que celles de l'IGM sur le massif.

En France, des organismes publics décentralisés (DDE, ONF) ou des laboratoires de recherche (CEMAGREF, LGGE) complètent les missions de l'IGN qui ont une faible répétitivité (en moyenne de 5 ans, mais moins dans les secteurs à faible développement urbain), par exemple par des vols de SINTEGRA (Grenoble) pour ces deux laboratoires. Les échelles de ces vols spécifiques peuvent être plus grandes que celles de l'IGN, pour la mesure de bilans de masse glaciaire par photogrammétrie notamment. Il faut noter également que la photothèque de l'IGN conserve un fond important de photographies aériennes obliques, dont un certain nombre couvrent le massif du Mont Blanc. Ces

photographies, dont le décompte n'apparaît pas dans le présent inventaire, ont été prises par la Compagnie Aérienne Française (CAF) et l'IGN entre 1935 et 1966 sur le massif (C. Huon, *com. pers.*). Enfin, on peut noter que la nouvelle orthophotographie de la Haute Savoie qui sortira courant 2009 sera basée sur une couverture aérienne de 2008 commanditée par le Conseil Général de la Haute Savoie.

Pour la Suisse, nous n'avons identifié que SwissTopo comme opérateur de missions aériennes.

Différentes structures universitaires et administrations territoriales des trois Etats ont été contactées et visitées pour la constitution de l'inventaire. Chacune est mentionnée dans le tableau 1, avec le nom de la personne responsable de la photothèque. Des contacts ont également été établis avec d'autres structures (RTM 73, DDE 73, Inventaire Forestier National - échelon de Lyon), sans enrichissement de l'inventaire car leurs aérophotographies étaient disponibles ailleurs. Il reste à inventorier les ressources de l'ETHZ (Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich), qui possède des vols sur le massif du Mont Blanc (A. Bauder, *com. pers.*), et de la RGD 73-74 (Régie de Gestion des Données des

Pays	Organisme	Localisation	Responsable
FRANCE	Université de Savoie, CISM, Laboratoire Environnement et Dynamiques des Territoires de Montagne (EDYTEM)	Le Bourget du Lac	Fayçal Soufi
	Université de Savoie, Laboratoire d'Informatique, Systèmes, Traitement de l'Information et de la Connaissance (LISTIC)	Annecy	Emmanuel Trouvé
	Université Joseph Fourier, Institut de Géographie Alpine (IGA)	Grenoble	Laetitia Azzolin
	Université Joseph Fourier, Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement (LGGE)	Grenoble	Christian Vincent
	Service Restauration des Terrain de Montagne de la Haute Savoie (RTM 74)	Annecy	Jérôme Liévois
	Direction Départementale de l'Équipement de la Haute Savoie (DDE 74)	Annecy	Crisol Serrate
	CEMAGREF, centre de Grenoble	Grenoble	Emmanuel Thibert
ITALIE	Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica Perugia, Sede di Torino (CNR IRPI)	Turin	Giovanni Mortara
	Università di Torino, Dipartimento di Scienze della Terra	Turin	Marco Giardino
SUISSE	Université de Lausanne, Institut de Géographie de l'Université de Lausanne (IGUL)	Lausanne	Manon Rosset

Pays de Savoie), dont l'utilisation des données est subordonnée à l'établissement d'une convention avec l'Université de Savoie, mais qui ne possède pas *a priori* de ressource qui n'ait déjà été identifiée (*cf* www.rgd.fr), à l'exception de l'orthophoto 2009. Au final, s'il n'est pas exhaustif pour la Suisse, cet inventaire est en revanche probablement complet pour la France et l'Italie.

Dans la grande majorité des cas, les photographies aériennes sont consultables dans les organismes sous forme de contacts papier (tirages papier par contact, *i.e.* sans agrandissement par rapport au négatif), mais la nature des supports est très variée et va de la diapositive au fichier numérique. Certains clichés conservés au CEMAGREF et au LGGE sont également disponi-

Tableau 1 - Organismes visités pour la constitution de l'inventaire des photos aériennes du massif du Mont Blanc.

bles sous forme de contre-types (copie du film original), un support qui autorise des scans de haute précision (sur un scanner à rouleaux) pour les travaux photogrammétriques car il offre une résolution deux fois supérieure aux contacts papier (Veyrat-Charvillon, 2005). L'IGN réalise également des contre-types sur demande pour ses missions argentiques (C. Huon, *com. pers.*).

L'échelle des vols identifiés est très variable (du 1 : 4 000 au 1 : 60 000). La taille des épreuves papier (conditionnée par la taille du négatif) varie également : de 13×17 cm pour les missions les plus anciennes, à 18×18 cm à partir de 1952, et 23×23 cm depuis 1970. Les émulsions utilisées sont majoritairement le panchromatique (qui absorbe toutes les longueurs d'onde de la portion visible du spectre solaire) noir et blanc et l'émulsion couleur. Quelques vols ont été effectués en infrarouge (couleur ou N&B).

C'est le cas notamment des vols de l'IFN (Inventaire Forestier National) car cette bande spectrale est adaptée à la caractérisation de l'activité photosynthétique et donc au suivi du couvert forestier (Boureau, 2008) ou de l'humidité dans les sols (Gagnon, 1999). On parlera de « fausses couleurs » pour les vols en infrarouge couleur car un code couleur est utilisé pour traduire le rayonnement IR. Le multispectral (*i.e.* image résultant de l'acquisition de données dans plusieurs bandes spectrales) est aussi représenté par l'orthophoto MIVIS 1999 de la Vallée d'Aoste et par les scènes SPOT. Aucune mission effectuée en émulsion couleur ne semble avoir eu lieu avant les années 1970, et la première mission couleur disponible auprès de l'IGN est celle de 1993.

II - LA PROCÉDURE DE COLLECTE DES DONNÉES

Dans chaque organisme, les missions et les photogrammes (*i.e.* photographies prises à l'aide d'une chambre photogrammétrique) disponibles ont été listés. Des photographies numériques d'un grand nombre de photogrammes ont été prises, de façon exhaustive lorsque le nombre le permettait, ou avec une moyenne d'une photo tous les deux ou trois photogrammes pour les missions à nombreux clichés. Ceci afin d'avoir une information sur la qualité et la couverture des clichés. Le tableau d'assemblage (TA) est le document qui représente les différentes lignes de vols d'une mission aérienne et l'emprise spatiale des photogrammes la composant. Lorsqu'ils étaient disponibles, ils ont également été reproduits, par photocopie (missions italiennes disponibles à l'IRPI), ou plus souvent par photographie numérique. Les TA de la majorité des

missions de l'IGN nous ont été gracieusement fournis par C. Huon (responsable de la photothèque nationale de l'IGN) sous la forme de fichiers lisibles sous un SIG (format Mapinfo Mid/Mif) ; ils comprennent la localisation du centre du cliché et des informations relatives à la prise de vue dans une table associée. Contrairement à l'IGN, SwissTopo ne fournit pas gratuitement les TA de ses missions.

En dehors de ceux de l'IGN, les TA sont très hétérogènes et pas toujours très lisibles (figure 1), ce qui rend souvent difficile la saisie des clichés dans la base de données. Certains TA figurent l'emprise du cliché par un rectangle (donc avec une déformation par rapport à la réalité du terrain de montagne), d'autres par un polygone, peut-être plus proche de la réalité du terrain, mais dont le centre est alors difficile à déterminer. Sur

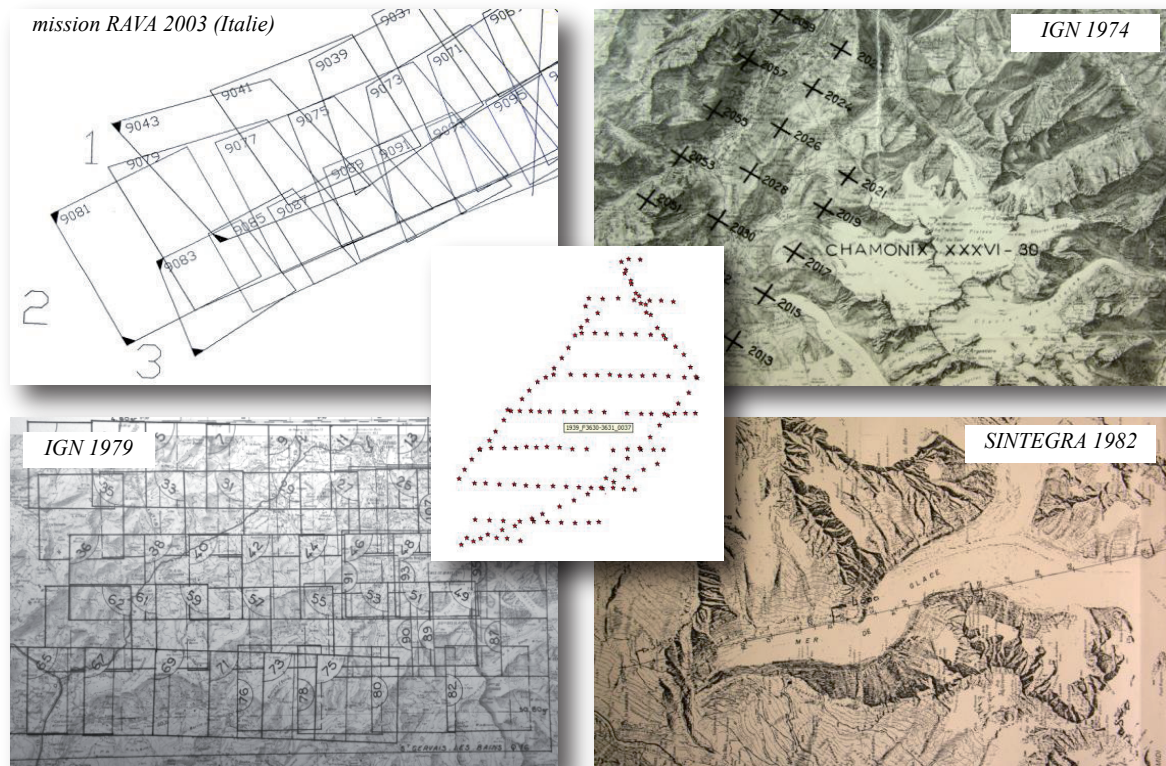


Figure 1- Quelques exemples illustrant l'hétérogénéité des tableaux d'assemblages ;
au centre : tableau d'assemblage numérique de la mission IGN 1939.

d'autres TA, le centre des clichés est représenté par des croix ou des cercles à la précision relative du fait de la largeur du figuré utilisé. Il faudra alors trouver une

solution pour mieux localiser les centres (ou donner une marge d'erreur sur cette position) afin de garantir une saisie homogène des données.

III - MISE EN PLACE D'UNE BASE DE BONNÉES

Une première esquisse d'une base de données des clichés aériens a commencé à être mise en place sous Microsoft Access®. La saisie n'a concerné à ce jour que des missions dont le TA figure le centre des clichés, soient les vols du CEMAGREF, et la mission 1939 de l'IGN.

Différents champs sont à renseigner pour identifier chaque cliché : le nom de la mission, son numéro, la date et l'échelle moyenne du cliché, le type de support et le type d'émulsion (figure 2).

La situation géographique du cliché est renseignée par le biais des informations suivantes :

- *le secteur* : le massif du Mont Blanc a été divisé en grands secteurs correspondant aux bassins versants glaciaires. La figure 3 présente les secteurs utilisés pour la saisie des données. A terme, une telle carte devra être insérée dans un SIG pour faciliter les requêtes spatiales en lien avec la base de données.
- *les coordonnées du centre du cliché*, dans deux systèmes de projection différents : WGS 84 UTM 32, système international plus adapté que le système NTF Lambert pour rentrer des don-

nées provenant de pays différents, comme c'est le cas ici ; et un système alphanumérique, basé sur une grille kilométrique projetée en Lambert 2 étendu (figure 3) et mis en place pour rentrer dans la base de données les missions dont le TA n'est pas disponible.

- *emprise du cliché* : portion de la grille alphanumérique recouverte par le cliché, obtenue par report des clichés des photogrammes sur la grille ; seuls les carrés couverts à plus de 50 % sont pris en considération.
- *toponymes associés* : toponymes issus de la carte IGN TOP 25, associés à la scène couverte par le cliché, y compris pour les secteurs suisses et italiens.

Les autres champs concernent la reproduction éventuelle du photogramme et du TA de la mission lors de l'inventaire. Un espace est prévu pour des commentaires qualitatifs sur le cliché (e.g. couverture nuageuse, neigeuse, lisibilité). Enfin, les coordonnées de la structure qui conserve les aérophotographies et de son responsable sont indiquées, ainsi que les conditions d'accès à la ressource.

ID	431	Reproduction du cliché	<input checked="" type="checkbox"/>	
Nom Mission	CEMAGREF MONT BLANC 1995 (S'INTEGRA)	Reproduction du Plan de Vol	<input checked="" type="checkbox"/>	
N° cliché	3108	Commentaires Lumière rasante avec des ombres importantes, neige en haute montagne. Dépôt d'éroulement ancien sur le glacier en rive droite. Cliché non disponible au moment de l'inventaire.		
Date cliché	12/10/1995			
Echelle cliché	1/5 000 à 1/10 000			
Type support	Contact papier & ContreType			
Type émulsion	Pandoro N&B			
Secteur	Val Montjoie	Localisation physique Cemagref Grenoble 2, rue de la Papeterie BP 76 38402 ST-MARTIN-D'HERES cedex		
Coordonnées du centre du cliché	X: 325 703 Y: 5 072 534 (UTM 32, WGS 84) D32 (Alphanumérique)			
Emprise du cliché	C31;C32;D31;D32;E31;E32			
Toponymes associés	Combe Blanche, Grande Roche de Tré la Tête, Glacier de Tré la Tête (front), Tré la Petite, Tré la Grande, Séracs de Tré la Grande, Refuge des Conscriots			
		Contact	emmanuel.thibert@cemagref.fr 04 76 76 28 13	
		Consultation / Utilisation	accès libre (sur RDV)	

Figure 2 - Interface de la base de données sous Access ®.

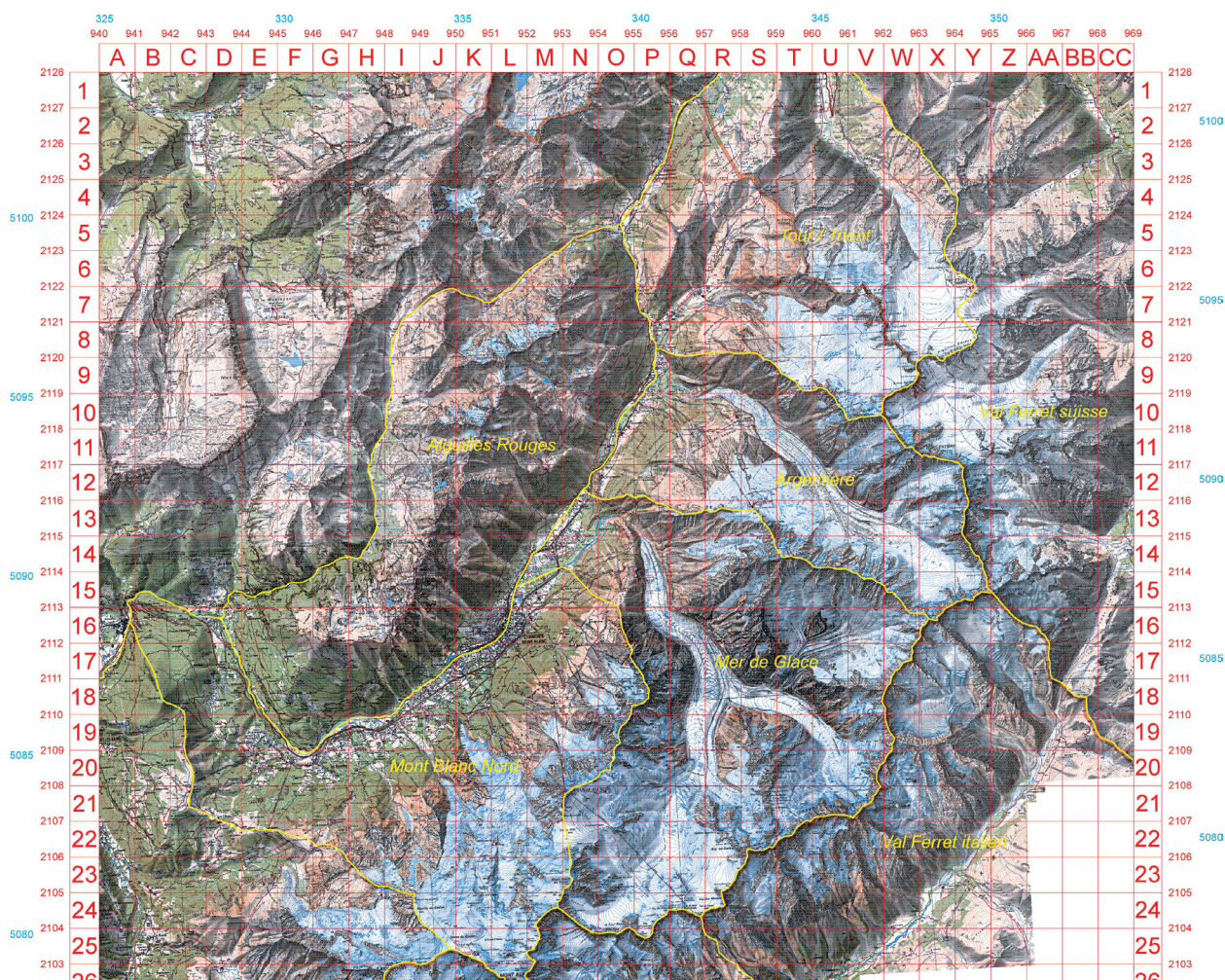


Figure 3 - Une partie de la carte du massif du Mont Blanc avec les différentes coordonnées utilisées pour la saisie des données sous Access ® (fond topographique extrait de la carte TOP 25 Chamonix 3630 OT et St Gervais 3531 ET, © IGN, Paris 2009 - Autorisation n° 80-9026.) :

- référentiel alphanumérique mis en place pour la saisie des missions sans Tableaux d'Assemblage. Il est basé sur le quadrillage kilométrique de la projection Lambert Zone 2 étendu dont les amorces apparaissent en rouge ;
- les amorces bleues correspondent au quadrillage kilométrique de la projection WGS 84 UTM 32, figurant sur les cartes IGN TOP 25 ;
- les différents secteurs du massif sont indiqués en jaune.

IV - SYNTHÈSE DE L'INVENTAIRE

Le tableau 1 ci-dessous et pages suivantes répertorie les caractéristiques de tous les vols inventoriés à ce jour et qui couvrent tout ou partie du massif du Mont Blanc. Certains sont très ponctuels, d'autres au contraire sont des vols régionaux ou nationaux avec une couverture totale du massif. Ce tableau comprend les métadonnées suivantes :

- *année* : année de la mission.
- *date* : date du ou des vols – certaines missions comportent plusieurs vols à des dates différentes, voire sur deux années consécutives.
- *nom de la mission* : nom déterminé à partir des documents consultés.
- *échelle* : échelle des photogrammes quand elle a pu être retrouvée ; dans le cas de capteurs numériques la résolution est indiquée.
- *support* : le support des photogrammes consultés (*Cont. Papier* : Contact Papier). La plupart des missions sont disponibles sur supports papier

et numérique auprès d'un institut géographique national comme l'IGN.

- *émulsion* : émulsion photographique utilisée : *P. N&B* : panchromatique Noir et Blanc ; *C* : couleur ; *IR* : infrarouge (C ou N&B).
- *tableau d'Assemblage* : *Dispo.* : TA de la mission disponible ou non ; *Pap* : papier ; *Num* : numérique ; *Web* : en ligne ; *Repro.* : reproduction effectuée ou non.
- *couverture* : partie du massif couverte par la mission.
- *organisme détenteur* : organisme qui détient tout ou partie d'une mission sur le massif (le complément étant disponible auprès de l'institut national du pays). Quand aucun organisme visité ne possède le vol, seul l'institut national est mentionné (*IGN, SwissTopo...*).
- *commentaire* : commentaires sur les aérophotographies consultées.

Année	Date	Nom de la mission	Echelle	Support	Emulsion	Tableau d'assemblage			Couverture	Organisme détenteur	Commentaires
						Dispo.	Format	Repro.			
1939	23,29/06, 03/07	IGN F 3630-3631	20 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Num.	Oui	Totale	EDYTEM	Enneigement important
1939	18/08	IGN F 3631	22 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Num.	Oui	Partielle	EDYTEM	
1939	01/06	IGN F 3531	20 000 ^e	Tous supports	P. N&B	Oui	Web	--	Partielle (E du massif)	IGN	Enneigement important
1948	--	IGN F 3631 MONT BLANC	15 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle (Vallée de Chamonix, Val Veny)	IGN	Seuls les contacts papier sont disponibles
1948	--	MONT BLANC - 1948	--	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	Gl. De Planpincieux	IRPI	3 photos- obliques
1949	04/09	IGN F 3630-3631	26 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Totale	EDYTEM, LGGE	
1949	--	MONT BLANC	--	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	Partielle	DDE 74	Enneigement important
1949	22/07	CONTAMINES, Ministère de l'Équipement	4 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle (Val Montjoie)	DDE 74	Grands tirages papier
1949	01 et 04/08	MONT BLANC, Ministère de l'Équipement	4 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	Partielle (Bionnassay - Les Bossons)	DDE 74	Grands tirages papier
1952	27/07	IGN F 3631 3630 CHAMONIX MONT BLANC IGN F 3528-3531	25 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Num.	Oui	Totale	LGGE, EDYTEM	
1954	08 et 09	IGM	--	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Totale	IRPI	
1955	16/09	IGM M. BIANCO	--	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	Val Veny	IRPI	Chute de neige > 1900 m
1958	31/07	IGN FR 120 / 250	25 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Num.	Oui	Totale	LGGE	
1959	09/09	IGN FR 166	20 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Num.	Oui	Versant Français	EDYTEM	
1960	01/09	CDP 1606	6 000 ^e	Tous supports	P. N&B	Oui	Web	--	Très partielle (Vallée de Chamonix)	IGN	Couvre seulement la vallée et les fronts des glaciers
1960	24/08	SwissTopo	--	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	Partielle (N du massif)	IGUL	
1961	29,30/08	IGN 3531 / 250 ST GERVAIS	25 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle (O du massif)	EDYTEM	
1961	20/09	SwissTopo	--	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	Partielle (N du massif)	IGUL	
1965	06 ou 07	RAVA	--	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Versant italien	IRPI	Centré sur la vallée
1966	08/09	IGN 3531 / 250 ST GERVAIS	25 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle	LGGE	
1967	19/08	IGN FR 1402 / 150	15 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle	LGGE, IGA	
1967	12/10	IGN F 3630-3631 / 250 CHAMONIX	25 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Totale (sauf Orny et Saleina)	LGGE, IGA	Ombres, enneigement important
	11 et 12/10	IGN F 3531 / 250 ST GERVAIS LES BAINS								LGGE	
1967	08/08	IGN F 3630 CHAMONIX		Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle	LGGE	Pas de photos, seulement le T.A.
1967	12/10	SwissTopo	--	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	Val Ferret	IGUL, IRPI	
1968	--	I.G.M.	--	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	Versant italien	IRPI	Grande échelle
1970	09/09	IGN FR 1976 / 200	20 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Langues du Tour, Argentières, Mer de Glace	LGGE	
1970	15 et 17/09	IGN F 3630 / 300 CHAMONIX	30 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Totale (sauf Orny et Saleina)	LGGE, RTM 74	
		F 3531 / 300 ST GERVAIS LES BAINS				Oui	Pap.	Oui		RTM 74, LGGE	
1970	17/09	BRENTA-MIAGE	--	diapositive	C	Non	--	--	Val Vény	IRPI	Grande échelle
1971	17/09	BRENTA-MIAGE	--	diapositive	C	Non	--	--	Langue du Miage	IRPI	Grande échelle

Tableau 1 (partie 1) - Caractéristiques de tous les vols inventoriés à ce jour et qui couvrent tout ou partie du massif du Mont Blanc (les plages de couleur soulignent les décennies).

Année	Date	Nom du vol	Echelle	Support	Emulsion	Tableau d'assemblage			Couverture	Organisme détenteur	Commentaire
						Dispo.	Format	Repro.			
1973	11/10	IGN FR 2473 / 200	20 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Langues du Tour, Argentière, Mer de Glace	LGGE	
1974	--	IGN FR 2437 / 150 IR ST GERVAIS 3531	15 000 ^e	Tous supports	I.R. N&B	--	--	--	Partielle (Vallée de Chamonix, Val Montjoie et les langues glaciaires)	IGN	Petits cumulus sur les hauts sommets
		IGN FR 2437 / 150 IR CHAMONIX 3630		Cont. Pap.		Oui	Pap.	Oui		RTM 74	
1974	13/09	RAVA Dora Baltea-Dora Di Veni	--	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Val Vény	IRPI	
1975	30/10	Ministère de l'Équipement	15 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Vallée de Chamonix	DDE 74	Seulement le fond de vallée
1975	15/09	RAVA Dora Baltea-Dora Di Ferret	--	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Versant italien	IRPI	
1976	11/10	MONT BLANC (LGGE)	--	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	Très partielle	LGGE	Langue Argentière, Vol pour photogrammétrie
1976	--	CEMAGREF	--	Plaque de verre	P. N&B	Non	--	--	Partielle	CEMAGREF	Glaciers suivis par le CEMAGREF
1979	17 et 18/07	IGN F 7031 ST GERVAIS	60 000 ^e	Tous supports	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Totale	IGN	Enneigement important
		IGN F 7031 CHAMONIX		Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui		LGGE	
1979	05/09	IGN F 3531-3631 / 300 ST GERVAIS	30 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle (moitié O du massif)	DDE 74, LGGE	
1979	05/09	CEMAGREF	--	Cont. Pap. & Contretype	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle	CEMAGREF	Glaciers suivis par le CEMAGREF
1979	--	MONT BLANC (LGGE)	--	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	Argentière	LGGE	Langue Argentière, Vol pour photogrammétrie
1980	03 et 04/09	IGN F 3530-3630 / 300 CLUSES-CHAMONIX	30 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Totale	LGGE	
1982	22/08	MISSION SINTEGRA MONT BLANC	--	Cont. Pap. & Contretype	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle	LGGE, CEMAGREF	Glaciers suivis par le CEMAGREF-LGGE
1982	18/08/1982 et 26/09/1983	IGN F 82-83 3531 / 300 ST GERVAIS	30 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle (O du massif)	LGGE	Pas de photos, seulement le T.A.
1982	23/08	SwissTopo	--	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	N du massif	IGUL	
1983	25/09	RAVA VALLE D'AOSTA 83	--	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	Versant italien	IRPI	
1983	14/09	CEMAGREF	--	Cont. Pap. & Contretype	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Très partielle (Bossons, Pélerins)	CEMAGREF	Mission spéciale / avalanche du tunnel du Mont Blanc
1984	30/06 et 09/07	FR 74 IFN 07-150 P-HRC	15 000 ^e	Cont. Pap.	IR C	Oui	Num.	Oui	Totale	RTM 74, DDE 74, IFN LYON	Enneigement important
1985	07/08 et 21/08	MISSION SINTEGRA MONT BLANC	--	Cont. Pap. & Contretype	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle	CEMAGREF, LGGE	Glaciers suivis par le CEMAGREF-LGGE
1986	09	BRENTA-MIAGE	--	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	Partielle (Val Vény)	IRPI	Grande échelle
1987	21/08	IGN F 3531 / 300 ST GERVAIS	30 000 ^e	Tous supports	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle (O du massif)	IGN	
1988	26/07	IGN FD 74 / 300 MONT BLANC 3631	30 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Totale	LGGE	
1988	06, 07 et 09/08	IGM	--	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Totale	IRPI	
1988/1989	--	TERRAITALY Voli Italia 1988/89	75 000 ^e	Tous supports	P. N&B	--	--	--	--	TERRAITALY	www.Terraitaly.it
1989	29/08	IGN FR 4412 / 150 C	15 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle	RTM 74	Centré sur la vallée et les fronts glaciaires
1990	20/07	IGN FD 73	20 000 ^e	Tous supports	C	Oui	Web	--	Extrémité SO du massif	IGN	
1990	20/08	IGN FR 8251	30 000 ^e	Tous supports	P. N&B	Oui	Web	--	Vallée des Chapieux	IGN	
1990	01/09	MISSION SINTEGRA MONT BLANC	--	Cont. Pap. & Contretype	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle	CEMAGREF	Glaciers suivis par le CEMAGREF-LGGE
1991	09/08, 21/08 et 06/09	RAVA REG. VALLE D'AOSTA 91	20 000 ^e	Cont. Pap.	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Totale	I.R.P.I.	
1993	11, 18, 20, 21/08 et 04/09/1994	IGN FD 74 / 200 CHAMONIX MT BLANC	20 000 ^e	Cont. Pap.	C	Oui	Num.	Oui	Totale	EDYTEM, DDE 74, RTM 74	
1993	20/10	SwissTopo TRIENTGLETSCHER	6 000 ^e	Tous supports	--	Oui	Web	--	Langue du glacier du Trient	SwissTopo	
1994	06/10	SwissTopo VAL DE BAGNES-MONTE ROSA	50 300 ^e	Tous supports	C	Oui	Web	--	N du massif	SwissTopo	
1994	--	TERRAITALY Voli Italia 1994	75 000 ^e	Tous supports	P. N&B	--	--	--	--	TERRAITALY	www.Terraitaly.it
1995	20/07	IFN IR	--	Cont. Pap.	IR C	Oui	Pap.	Oui	Totale	R.T.M. 74, I.F.N. LYON	Enneigement important
1995	12/10	MISSION SINTEGRA MONT BLANC	5 000 ^e à 10 000 ^e	Cont. Pap. & Contretype	P. N&B	Oui	Pap.	Oui	Partielle	CEMAGREF	Glaciers suivis par le CEMAGREF
1995	07/10	SwissTopo	variable	Tous supports	C	Oui	Web	--	Partielle (N du massif)	SwissTopo.	
1996	03, 31/07, 01, 04 et 18/08	IGN FD 73 / 250 CHAMONIX MT BLANC	25 000 ^e	Cont. Pap.	C	Oui	Num.	Oui	Partielle (manque le nord du massif)	LGGE, EDYTEM	
1996	22/07	IGN FR 5161	25 000 ^e	Tous supports	C	Oui	Web	--	Vallée de Chamonix et Aig. Du Gouter	IGN	
1996	16/08	SwissTopo VAL FERRET I.R.	10 000 ^e	Tous supports	IR	Oui	Web	--	Val Ferret suisse	SwissTopo.	
1997	31/08	RAVA 97	--	Cont. pap.	C	Non	--	--	Versant italien	IRPI	
1997	27/01	MONTE BIANCO	15-20 000 ^e	Cont. Pap.	C	Oui	Pap.	Oui	Partielle (Val Vény)	IRPI	9 jours après l'écroulement de l'éperon de la Brenva
1997	10/02	SwissTopo GHIACCIAIO DELLA BRENTA	9 300 ^e et 12 000 ^e	Tous supports	C	Oui	Web	--	Glacier de la Brenva	SwissTopo.	
1998	31/08	MISSION LGGE	--	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	Partielle	LGGE	
1998	31/08	SwissTopo SALEINA-DOLENT	12 600 ^e	Tous supports	C	Oui	Web	--	Val Ferret suisse	SwissTopo.	
1998/1999	--	TERRAITALY Volo « h2000 »	40 000 ^e	Tous supports	C	--	--	--	--	TERRAITALY	www.Terraitaly.it
1999	02/09	SwissTopo	variable	Tous supports	C	Oui	Web	--	N du massif	SwissTopo	
1999	06/09	Orthophoto MIVIS VALLE D'AOSTA	Résol. 5m	Dalles numériques (format ENVI)	Multi spectral	Oui	Pap.	Oui	Partielle (Versant italien)	Universitat Torino	

Tableau 1 (partie 2) - Caractéristiques de tous les vols inventoriés à ce jour et qui couvrent tout ou partie du massif du Mont Blanc (les plages de couleur soulignent les décennies).

Année	Date	Nom du vol	Echelle	Support	Emulsion	Tableau d'assemblage			Couverture	Organisme détenteur	Commentaire
						Dispo	Format	Repro			
2000	27/06, 31/07, 01, 10, 11 et 16/08	IGN FD 01-74	25 000 ^e	Cont. Pap.	C	Oui	Num.	Oui	Totale	EDYTEM	
2000	11/08	SwissTopo COURMAYEUR-F	63 000 ^e	Tous supports	C	Oui	Web	--	Val Montjoie	SwissTopo.	
2000	05/09	SwissTopo GLACIER DE SALEINA-DOLENT	12 400 ^e	Tous supports	C	Oui	Web	--	Val Ferret	SwissTopo.	
2000	24/08	Scène SPOT 4 HRVIR	Résol. 20 m	CD-ROM	Multi spectral	--	--	--	Centre de la scène : N 045°52'14" E 007°20'20"	LISTIC	Scène de 60x60 km
2000	29/08	Scène SPOT 4 HRVIR	Résol. 20 m	CD-ROM	Multi spectral	--	--	--	Centre de la scène : N 045°55'23" E 006°40'33"	LISTIC	Scène de 60x60 km
2000	24/09	Scène SPOT 4 HRVIR	Résol. 20 m	CD-ROM	Multi spectral	--	--	--	Centre de la scène : N 045°52'15" E 007°13'37"	LISTIC	Scène de 60x60 km
2001	01,12 et 13/08	IGN FD 73 B C	25 000 ^e	Tous supports	C	Oui	Num.	Oui	Partielle (manque le nord du massif)	IGN	
2001	01,12 et 13/08	ORTHOPHOTO 74	25 000 ^e	Dalles numériques	C	Oui	Pap.	Oui	Versant français	LISTIC, RGD 73-74	
2001	variable	SwissTopo	variable	Tous supports	C	Oui	Web	--	Totale	SwissTopo.	
2003	11/07	SwissTopo A NEUVE, I.R.	5 000 ^e	Tous supports	C	Oui	Web	--	Glacier de l'A Neuve	SwissTopo.	
2003	20/09	GHIACCIAI VALLE D'AOSTA	20 000 ^e	Cont. Pap.	C	Oui	Pap.	Oui	Versant italien	IRPI	
2004	26, 29, 30/06 et 18/07	IGN FD 74	20 000 ^e	Tous formats	C	Oui	Num.	Oui	Totale	IGN	
2004	26, 29, 30/06, 04 et 18/07	ORTHOPHOTO 74	20 000 ^e	Dalles numériques	C	Oui	Pap.	Oui	Versant français	DDE 74, LISTIC, RGD 73-74	DDE : format ecw
2004	01/08	Scène SPOT 5 HRG	Résol. 5 et 10 m	CD-ROM	P et Multi spectral	--	--	--	Centre de la scène : N 045°52'22" E 007°12'37"	LISTIC	Scène de 60x60 km
2005	08 et 09	SwissTopo SWISSIMAGE 2005	variable	Tous supports	C	Oui	Web	--	N du massif	SwissTopo.	
2005	09/08	Scène SPOT 5 HRG	Résol. 5 et 10 m	CD-ROM	P et Multi spectral	--	--	--	Centre de la scène : N 046°04'54" E 006°37'04"	LISTIC	Scène de 60x60 km
2006	23, 31/08, 01, 05 et 20/09	IGN FD 73	Résol. 68 cm	Cont. Pap.	Numérique	Oui	Num.	Oui	Partielle (manque le nord du massif)	EDYTEM	
2007	16/09	MISSION LGGE	--	Cont. Pap.	P. N&B	Non	--	--	Totale	LGGE	
2007	21/09	SwissTopo	variable	Tous supports	C	Oui	Web	--	Val Ferret	SwissTopo.	
2008	--	ORTHOPHOTO 74	Résol. 20 cm	Dalles numériques	Numérique	Oui	--	--	Versant français	RGD 73-74	Sortie courant 2009

Tableau 1 (partie 3) - Caractéristiques de tous les vols inventoriés à ce jour et qui couvrent tout ou partie du massif du Mont Blanc (les plages de couleur soulignent les décennies).

Au total, près de 5000 clichés appartenant à 92 missions qui couvrent le massif du Mont Blanc ont été recensés auprès de plus d'une douzaine d'organismes. Depuis le début des survols à la fin des années 1930, le massif est couvert en totalité au moins une fois par décennie par une même mission. Mais le très grand nombre de vols partiels et leur complémentarité aboutissent à une couverture à haute résolution temporelle de la plupart des secteurs depuis les années 1950 (tous les 2-3 ans environ, voire moins dans la

période récente). Les missions aériennes sont dans la très grande majorité effectuées pendant l'été, ce qui garantit une lisibilité optimale dans les secteurs de haute montagne (ombres réduites, déneigement). Les aérophotographies de qualité médiocre (pour l'étude des milieux glaciaires et périglaciaires) mentionnées dans les tableaux précédents appartiennent donc aux vols effectués tôt (enneigement tardif) ou tard dans la saison (chute de neige précoce, ombres portées importantes).

CONCLUSION

Cet inventaire des aérophotographies du massif du Mont Blanc est quasi exhaustif pour les données françaises et italiennes – les recherches du côté suisse n'ayant pu encore être menées à terme, faute de temps et d'un accès aisé aux informations. Les données présentées font le point sur la ressource disponible dans les organismes et services administratifs situés dans les Alpes occidentales, pour en faciliter l'accès dans le cadre de recherches futures – l'utilisation de ces données étant généralement possible gratuitement (à l'exception des instituts géographiques nationaux) en établissant un partenariat avec ces structures. Si un plus grand nombre d'images (notamment satellitaires) est disponible sur le marché, leur coût d'acquisition s'avère très élevé.

Par ailleurs, l'utilisation des aérophotographies permet de remonter le temps très antérieurement à la période couverte par les images satellitaires, avec des résolutions le plus souvent supérieures, ce qui explique que les études de l'évolution de la dynamique des versants ou de la cryosphère y aient régulièrement recours.

La base de données constituée reste embryonnaire, avec quelques centaines de clichés rentrés à ce jour sur près de 5000 identifiés. Une réflexion est en cours sur une base de données interactive couplée à un SIG, qui permettrait d'identifier l'emprise des aérophotographies et de faire des requêtes spatiales.

Remerciements

Nous adressons nos remerciements aux responsables des fonds orthophotographiques consultés pour leur aide et leur accueil.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDREASSEN L.M., ELVEHØY H., KJØLLMOEN B., 2002. Using aerial photography to study glacier change in Norway. *Annals of Glaciology*, 34, 1, 343-348.
- BAMBER J.L., RIVERA A., 2007. A review of remote sensing methods for glacier mass-balance determination. *Global and Planetary Change*, 59, 138-148.
- BERTHIER E., 2008. Recul des glaciers de montagne : que nous apprennent les satellites ? *La Météorologie*, 63, 32-39
- BERTHIER E., ARNAUD Y., BARATOUX D., VINCENT C., RÉMY F., 2004. Recent rapid thinning of the 'Mer de glace' glacier derived from satellite optical images. *Geophysical Research Letters*, 31, 17, L17401.
- BERTHIER E., ARNAUD Y., KUMAR R., AHMAD S., WAGNON P., CHEVALLIER P., 2007. Remote sensing estimates of glacier mass balances in the Himachal Pradesh (Western Himalaya, India). *Remote sensing of Environment*, 108, 327-338.
- BOUREAU J.G., 2008. Manuel d'interprétation des photographies aériennes infrarouges, Application aux milieux forestiers et naturels. IFN, 268 p.
- BURNET R., MURAT R., 1985. Surveillance des glaciers par photogrammétrie aérienne. CEMAGREF, division nivologie, Grenoble, 6 p.
- DEROIN J.P., CONDOM T., 2007. Retrait séculaire des glaciers locaux de montagne : un exemple dans les Alpes occidentales françaises. *Comptes Rendus Géoscience*, 339, 449-459.
- CHOROWICZ J., DEROIN J.P., 2003. La télédétection et la cartographie géomorphologique et géologique. Gordon Breach, 142 p.
- GAGNON F., 1999. L'interprétation des photographies aériennes, Méthodes et applications. CCDMD, 210 p.
- GIARDINO, M., MORTARA G., BONETTO, F., 2001. Proposta per la realizzazione di un catalogo aerofotografico dei ghiacciai italiani. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, Supplemento*, 5, 89-98.
- IGN, Photothèque Nationale : <http://www.ign.fr/institut/documentArticle.do?idDoc=5289840&indexRoot=2&indexChild=7¤tRootSearch=&indexChildSearch=>
- JOBARD S., 2005. Les glaciers du Haut Arc (Savoie) : caractérisation et impacts de la décrue post-Petit Âge Glaciaire. Thèse de doctorat, Université de Savoie, Chambéry, 270 p.
- KÄÄB A., 2002. Monitoring high-mountain terrain deformation from repeated air- and spaceborne optical data: examples using digital aerial imagery and ASTER data. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 57, 1-2, 39-52.
- KAUFMANN V., LADSTÄDTER R., 2002. Monitoring of active rock glaciers by means of digital photogrammetry. Proceedings of the ISPRS Commission III Symposium "Photogrammetric Computer Vision", September 9-13, 2002, Graz, Austria, *IAPRS*, 34, 3B, 108-111.
- LAMBIEL C., DELALOYE R., STROZZI T., LUGON R., RAETZO H., 2008. ERS InSAR for assessing rock glacier activity. In Kane D.L., Hinkel K.M. (éd.), *Proceedings of the 9th International Conference on Permafrost 2008*, Institute of Northern Engineering – University of Alaska Fairbanks, 1019-1025.
- MAZUÉ R., DELINE P., KIRKBRIDE M., 2009. Suivi de l'évolution de la couverture détritique d'un glacier noir par photo-comparaison : le glacier d'Estellet (Massif du Mont Blanc). *Collection EDYTEM*, 8, *Cahiers de Géographie*, ce numéro.
- PATZELT G. 1980. The Austrian glacier inventory: status and first results. *Proceedings of the Riederalp workshop, September 1978. IAHS-AISH*, 126, 181-183.
- PAUL F., KÄÄB A., HAEUBERLI W., 2007. Recent glacier changes in the Alps observed by satellite: Consequences for future monitoring strategies. *Global and Planetary Change*, 56, 111-122.
- RABATEL A., DEDIEU J.P., THIBERT E., LETRÉGUILLY A., VINCENT C., 2008. 25 years of equilibrium-line altitude and mass-balance reconstruction on Glacier Blanc, French Alps, using remote-sensing methods and meteorological data. *Journal of Glaciology*, 54, 185, 307-314.
- RABATEL A., 2009. Evolution glaciaire dans les Andes subtropicales chiliennes entre 1955 et 2007 reconstruite par télédétection (photographies aériennes et images Ikonos). Conséquences pour la ressource en eau. *Collection EDYTEM*, 8, *Cahiers de Géographie*, ce numéro.
- RACOVITEANU A.E., WILLIAMS M.W., BARRY R.G., 2008. Optical remote sensing of glacier characteristics: a review with focus on the Himalaya. *Sensors*, 8, 3355-3383.
- RAUP B., RACOVITEANU A., KHALSA S.J.S., HELM C., ARMSTRONG R., ARNAUD Y., 2007. The GLIMS geospatial database: A new tool for studying glacier change. *Global and Planetary Change*, 56, 101-110.
- RIGNOT E., RIVERA A., CASASSA G., 2003. Contribution of the Patagonia icefields of South America to sea level rise. *Science*, 302, 434-437.
- SCHIEFER E., GILBERT R., 2007. Reconstructing morphometric change in a proglacial landscape using historical aerial photography and automated DEM generation. *Geomorphology*, 88, 167-178.
- THIBERT E., FAURE J., VINCENT C., 2005. Bilans de masse du glacier Blanc entre 1952, 1981 et 2002 obtenus par modèles numériques de terrain. *La Houille Blanche*, 2, 72-78.
- THIBERT E., 2007. Inventaire des photographies aériennes du CEMAGREF. Document interne, 2 p.
- TROUVÉ E., VASILE G., GAY M., BOMBRUN L., GRUSSENMEYER P., LANDES T., NICOLAS J.M., BOLON P., PETILLOT I., JULEA A., VALET L., CHANUSSOT J., KOEHL M., 2007. Combining airborne photographs and spaceborne SAR data to monitor temperate glaciers : potentials and limits. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45, 4, 905-924.
- VEYRAT-CHARVILLON S., 2005. Elaboration d'une méthode de prédiction du volume maximal d'une lave torrentielle. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 354 p.
- VINCENT C., REYNAUD L., 1991. Les variations d'épaisseur du glacier d'Argentière mesurées par photogrammétrie. *Photo-Interprétation*, 30, 2, 65-68.
- VINCENT C., VALLON M., REYNAUD L., LE MEUR E., 2000. Dynamic behaviour analysis of Glacier de Saint Sorlin, from 40 years of observations 1957-1997. *Journal of Glaciology*, 46, 499-506.
- VIVIAN R., 1975. Les glaciers des Alpes Occidentales. Allier, Grenoble, 516 p.

NEIGE et GLACE de MONTAGNE

Reconstitution, dynamique, pratiques

Sommaire

Editorial
Introduction

1 - Reconstitution

- Coutterand S. *et al.* - Le lobe glaciaire lyonnais au maximum würmien : glacier du Rhône ou/et glaciers savoyards ?
- Ravanel L. *et al.* - Désenglacement du haut bassin versant du Vorz (massif de Belledonne, Isère), au Tardiglaciaire et à l'Holocène.
- Rey P.-J. - Sociétés et fluctuations du climat dans les Alpes nord-occidentales au Néolithique moyen.
- Le Roy *et al.* - Étude des fluctuations glaciaires du Petit Âge de Glace dans le Massif des Écrins : apports de la lichénométrie.
- Kirkbride M.P. - Datation des moraines holocènes d'Islande par tephrochronologie : un état de l'art.
- Le Roy *et al.* - La dendroglaciologie, ou l'apport de l'étude des cernes d'arbres pour la reconstitution des fluctuations glaciaires holocènes.
- Rabatel A. - Évolution glaciaire dans les andes subtropicales chiliennes entre 1955 et 2007 : conséquences pour la ressource en eau.
- Le Roy *et al.* - Un inventaire des aérophotographies du massif du Mont Blanc.

2 - Dynamique

- Ravanel L. - Évolution géomorphologique de la haute montagne alpine dans le contexte actuel de réchauffement climatique.
- Gruber S. - Le permafrost de haute montagne.
- Deline P. *et al.* - L'Aiguille du Midi (massif du Mont Blanc) : un site remarquable pour l'étude du permafrost des parois d'altitude.
- Saulnier G.-M. *et al.* - Un éléphant volant est-il un oiseau ? Perspectives pour l'observation hydrométéorologique des milieux de montagne.
- Jobard S. - L'instrumentation du glacier du Baounet : quels apports pour la traçabilité des mesures environnementales ?
- Moreau L. - L'exploration du cryokarst glaciaire et son intérêt scientifique pour l'étude du drainage des eaux de fonte.
- Mazué R. *et al.* - Suivi de l'évolution de la couverture detritique d'un glacier noir par photo-comparaison : le glacier d'Esteelette.

3 - Pratiques

- Paccard P. - Réchauffement climatique et ressource neige en domaines skiables.
- Gauchon C. - Les hivers sans neige et l'économie des sports d'hiver : un phénomène récurrent, une problématique toujours renouvelée.
- Laslaz L. - L'exclusion des glaciers des zones centrales des Parcs nationaux de la Vanoise et des Écrins et leur équipement pour le ski d'été.
- Cayla N. - Les sentiers d'interprétation glaciaire : des outils de valorisation différenciée des glaciers et de leur territoire.
- Lambert R. - Cartozonage : de la carte au zonage du risque avalanche.
- Moulin A. *et al.* - L'incertitude liée aux avalanches dans les Alpes du Nord : identifications et implications pour la gestion.

La «Collection Edytem»
a pour objet de mettre en avant
l'apport de la géographie, de la géologie
et des sciences de l'environnement
dans l'étude des milieux et territoires
de montagne.

Déclinée en «numéros thématiques», elle
met en avant les travaux réalisés au sein
du laboratoire Edytem et les résultats
de ses programmes et actions
de recherche.



Prix - 15 euros

ISBN 978-2-918435-00-6

